

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-280196

(P2002-280196A)

(13)公開日 平成14年9月27日(2002.9.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テーマコード*(参考)
H05H 1/46		H05H 1/46	B 4G075
B01J 19/08		B01J 19/08	H 4K030
C23C 16/511		C23C 16/511	5F004
H01L 21/205		H01L 21/205	5F045
21/3065		21/302	B
審査請求 未請求 請求項の数 1 OL (全 6 頁)			

(21)出願番号 特願2001-73510(P2001-73510)

(22)出願日 平成13年3月15日(2001.3.15)

(71)出願人 000114031

マイクロ電子株式会社

埼玉県新座市野火止4丁目18番3号

(72)発明者 坂本 雄一

東京都杉並区成田東5-1-34

(72)発明者 仙田 和章

埼玉県新座市野火止4丁目18番3号 ミク
ロ電子株式会社内

(74)代理人 100076196

弁理士 小池 寛治

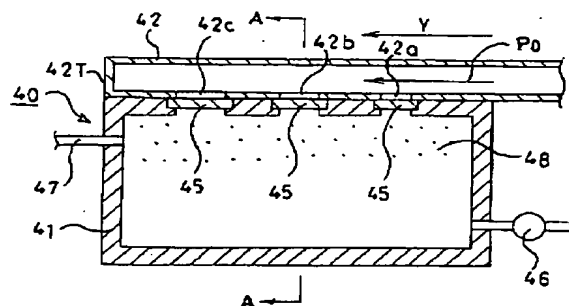
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マイクロ波を利用したプラズマ発生装置

(57)【要約】

【課題】 マイクロ波を利用し、密度の均一性と高密度のプラズマとして大面積のプラズマを発生させるプラズマ発生装置を提供すること。

【解決手段】 プラズマ発生室41に複数の導波管42、43、44を等間隔に平行配設すると共に、各々の導波管には先端側に向かって結合係数を順次大きくした結合孔42a~42c、43a~43c、44a~44cを形成し、さらに、プラズマ発生室41には、各々の結合孔に対応して分割形成した誘電体窓45を設け、結合孔各々からプラズマ発生室41内へ放射されるマイクロ波電力を均一化させることにより、密度の均一性と高密度として大面積のプラズマを発生させる構成となっている。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 プラズマ発生室にマイクロ波エネルギーを供給してプラズマを発生させるプラズマ発生装置において、

マイクロ波エネルギーを供給する複数の導波管を所定間隔で平行配設すると共に、各々の導波管には管軸方向に沿って複数の結合孔を設け、かつ、導波管の先端方向に向かって順次位置する結合孔の結合係数を順次大きく形成し、

さらに、プラズマ発生室には導波管の各々の結合孔に対応させた複数の誘電体窓を設けて構成したことを特徴とするマイクロ波を利用したプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロ波を利用したプラズマ発生装置に関し、例えば、金属、半導体、絶縁体等の表面をクリーニングし、エッチングし、或いは、その表面に薄膜を堆積させるプラズマ発生装置に係る。

【0002】

【従来の技術】無磁界のプロセッシングプラズマを発生させる装置として最も広く用いられているものに、図 6 に示した RF (高周波電源) 平行平板型のプラズマ発生装置がある。

【0003】このプラズマ発生装置 10 は、プラズマ発生室 11 内に導電性の平行平板 12a、12b が設けられ、高周波電源 13 よりこの平行平板 12a、12b に給電することにより、平行平板 12a、12b の間にプラズマ 14 を発生させる構成となっている。なお、この図において、15 は真空ポンプ、16 はガス供給配管を示す。

【0004】次に広範に用いられているものとして、図 7 に示した RF 誘導型のプラズマ発生装置 20 がある。このプラズマ発生装置 20 は、プラズマ発生室 21 の周囲に高周波コイル 22 を備え、このコイル 22 を高周波電源 23 によって給電してプラズマ発生室 21 にプラズマ 24 を発生させる構成となっている。なお、この図において、25 は補正磁界コイル、26 は真空ポンプ、27 はガス供給配管を示す。

【0005】マイクロ波を利用したプラズマ発生装置としては、図 8 に示した表面波励起型のプラズマ発生装置がある。このプラズマ発生装置 30 は、導波管 31 とプラズマ発生室 32 の境界に誘電体窓を形成する誘電体板 33 を備え、導波管 31 から供給されるマイクロ波電力 P₀ によって誘電体板 33 のプラズマ発生室側に発生する表面波により気体分子を電離させ、プラズマ 34 を発生させる構成となっている。なお、この図において、35 は真空ポンプ、36 はガス供給配管を示す。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】図 6 に示したプラズマ

発生装置 10 は、プラズマ 14 が、直径 0.2 m 以下、電子密度 $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ 以下、プラズマ密度の均一性 $\pm 5\%$ 以下となるため、プラズマ面積とその電子密度が小さく、半導体の表面処理や薄膜堆積などには適さない。

【0007】図 7 に示したプラズマ発生装置 20 は、上記したプラズマ発生装置 10 に比べればより高密度が得られるが、補正磁界コイル 25 によって直流又は高周波の補正磁界を加えて複雑な調整をしなければ、高い密度の均一性のプラズマが得られない。

【0008】図 8 に示したプラズマ発生装置 30 は、プラズマ面積を大きくする場合、誘電体板 33 の厚みを十分に増大させプラズマ発生室 32 が大気圧に耐える構成としなければならないことから、コストが高くなり、また、プラズマ密度の均一性を得ることが困難となる。

【0009】本発明は上記した実情にかんがみ、マイクロ波エネルギーを利用してプラズマ密度の均一性と電子密度を高めること、大面積のプラズマを発生させることができるプラズマ発生装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するため、本発明では、プラズマ発生室にマイクロ波エネルギーを供給してプラズマを発生させるプラズマ発生装置において、マイクロ波エネルギーを供給する複数の導波管を所定間隔で平行配設すると共に、各々の導波管には管軸方向に沿って複数の結合孔を設け、かつ、導波管の先端方向に向かって順次位置する結合孔の結合係数を順次大きく形成し、さらに、プラズマ発生室には導波管の各々の結合孔に対応させた複数の誘電体窓を設けて構成したことを特徴とするマイクロ波を利用したプラズマ発生装置を提案する。

【0011】

【作用】この発明では、結合孔は導波管の先端側に向って順次結合係数が大きくしてあるから、各々の導波管の各結合孔から放射されるマイクロ波エネルギーを均一化することができる。

【0012】したがって、複数の導波管の間隔と結合孔間隔を適度に定めることにより、各結合孔と誘電体窓を通してプラズマ発生室内に放射されるマイクロ波エネルギーによって密度の高い一様なプラズマが発生する。

【0013】また、複数の導波管各々に複数の結合孔を設けたことから、上記のように発生するプラズマの面積が増大し、大面積プラズマの発生装置となる。なお、誘電体窓は結合孔各々に対応させて分割して設けるので、誘電体窓が大きくならず、生産コストの点でも有利となる。

【0014】

【発明の実施の形態】次に、本発明の一実施形態について図面に沿って説明する。図 1 は導波管の管軸方向に沿

って切断したプラズマ発生装置の機構図、図2は図1上のA-Aに沿って切断した同プラズマ発生装置の機構図である。なお、本実施形態では、説明の便宜上、導波管の配設方向をX軸方向、導波管の管軸方向をY軸方向として説明する。

【0015】図示する如し、このプラズマ発生装置40は、プラズマ発生室41の上面にX軸方向に沿って3本の導波管42、43、44を平行間隔に配設し、また、導波管42、43、44の各々には管軸方向(Y軸方向)に沿って3つの結合孔が設けてある。

【0016】結合孔はマイクロ波電力をプラズマ発生室41内に放射させる円形の放射孔として形成してあり、図1に示したように、導波管42の管軸方向に3つの結合孔42a、42b、42cが等間隔に形成してある。

【0017】そして、これら結合孔42a、42b、42cは、マイクロ波電力 P_o の供給側から導波管42の先端42T側に向かって順次直径を大きくした円形孔とし、マイクロ波電力に対する結合係数を順次増大させる構成としてある。なお、マイクロ波電力 P_o は電源から入射する電力であり、一般にこの電力 P_o は先端側に向

かって位置する結合孔毎に小さくなる。

【0018】なお、図1では導波管42とその結合孔42a、42b、42cのみを示しているが、導波管43には結合孔43a、43b、43c(結合孔43a、43cは図示省略)が、導波管44には結合孔44a、44b、44c(結合孔44a、44cは図示省略)が同様に設けてある。

【0019】一方、プラズマ発生室41の上壁には結合孔各々に連通させる円形孔を形成し、この円形孔各々の孔縁に誘電体板(石英板、アルミナ板など)を嵌着し、プ

$$\text{結合孔}42a : P_o \cdot K_1 [1 + (1 - K_1)(1 - K_2)^2(1 - K_3)^2]$$

]

..... (1)

$$\text{結合孔}42b : P_o \cdot K_2 (1 - K_1) [1 + (1 - K_2)(1 - K_3)^2]$$

..... (2)

$$\text{結合孔}42c : P_o \cdot K_3 (1 - K_1)(1 - K_2) [1 + (1 - K_3)]$$

..... (3)

となる。

【0026】また、短絡板YYで反射される反射波は、進行波との間に180°の位相となるので、各結合孔で※40

$$\text{反射波は、} P_o (1 - K)^2 (1 - K_2)^2 (1 - K_3)^2 \text{ (4)}$$

となる。

【0027】結合孔42a、42b、42cから放射されるマイクロ波電力 P_o の等分配を良くする具体的な結合係数の例を示すと、 $K_1 = 0.3$ 、 $K_2 = 0.4$ 、 $K_3 = 0.5$ となり、上式(1)～(4)から

$$\text{結合孔}42a : 0.32 P_o$$

$$\text{結合孔}42b : 0.32 P_o$$

$$\text{結合孔}42c : 0.32 P_o$$

$$\text{反射} : 0.04 P_o$$

* プラズマ発生室41と大気とを遮断する誘電体窓45として構成してある。なお、図示する参照符号46は真空ポンプ、47はガス供給配管である。

【0020】図3は上記した結合孔の配置を示す説明図である。なお、この図では導波管42について示してあるが、他の導波管43、44の結合孔についても同じ配置となっている。

【0021】導波管42の配設位置をX1とし、この導波管42に設けた結合孔42a、42b、42cの形成位置をY1、Y2、Y3とし、また、この導波管42の先端42Tを短絡板としてその位置をYYとする。

【0022】そして、結合孔42aと42bとの間隔距離を、 $Y2 - Y1 = (2n + 1) \cdot \lambda_g / 2$ 、結合孔42bと42cとの間隔距離を、 $Y3 - Y2 = (2n + 1) \cdot \lambda_g / 2$ 、結合孔42cと短絡板YYとの間隔距離を、 $YY - Y3 = \lambda_g / 4$ に設定する。なお、 λ_g は導波管の管内波長、nは整数である。

【0023】結合孔42a、42b、42cを上記のように形成することにより、各々の結合孔から透電体窓45を通してプラズマ発生室41内に放射されるマイクロ波電力は次のようになる。

【0024】ただし、マイクロ波電力 P_o が結合孔42a側から給電されるものとし、また、結合孔42a、42b、42cの結合係数を K_1 、 K_2 、 K_3 とする。なお、結合係数は結合孔の大きさによって定まるから、 $K_1 < K_2 < K_3$ となる。

【0025】すなわち、各結合孔42a、42b、42cからプラズマ発生室41内に放射されるマイクロ波電力(進行波電力と反射波電力)は、

※は進行波と反射波とが同相となり、これら両波の電力が加わって結合孔からプラズマ発生室41内に放射される。

となる。

【0028】このように、マイクロ波電力 P_o は結合孔の近傍で吸収され、各々の結合孔から等しいマイクロ波電力が放射されるから、プラズマ発生室41内に等しい密度のプラズマ48が発生する。

【0029】プラズマ発生室41内に発生したプラズマ48は拡散によって広がる。拡散は統計的現象であり、密度の拡散距離への依存性はガウス形分布となるから、上記した結合孔42a、42b、42cの近傍に発生し

たプラズマは各々独立したガウス形の密度分布となる。

【0030】したがって、マイクロ波電力P₀、導波管42、43、44の間隔、結合孔の数と間隔を変えることによって、プラズマのガウス形分布が重り合うように構成することができるから、密度分布を均一にしたプラズマ48となる。

【0031】図4は一実施形態として示した上記のプラズマ発生装置40を具体的に実施した一例を示す。図5は、この実施例のプラズマ発生装置50を使って実験した測定結果を示す。

【0032】図5において、特性曲線42Aは結合孔42aによるガウス形プラズマ特性、特性曲線42Bは結合孔42bによるガウス形プラズマ特性、特性曲線42Cは結合孔42cによるガウス形プラズマ特性を各々示す。この実験では、各々のプラズマ42A、42B、42Cが±5%以内となるプラズマ密度の均一性の幅が70mmとなることが判明した。

【0033】また、特性曲線Zは、プラズマ42A、42B、42Cの合成特性であり、このように合成すると、プラズマ密度が±5%となる均一性の幅が280mmとなることが判明した。

【0034】さらに、このプラズマ発生装置50を用い、導波管42、43、44を最適配置とすることにより、0.3m×0.3mの面積で電子密度 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ 、均一性±5%のプラズマを発生させることが可能であると判明した。

【0035】なお、この実施例のプラズマ発生装置50は、矩形の面積の被処理物が多いことを想定して、矩形のプラズマ発生室41を設けたが、プラズマ発生室41は必ずしも矩形にする必要がない。

【0036】また、当然のことながら、プラズマ発生室41は大気圧でつぶされないように考慮し補強する必要がある他、連続作業が必要な場合は、プラズマ発生室41の側面の片側または両側にロードロック51を設ける。なお、上記したプラズマ発生装置において、エッチング加工する場合は、Cl₂、F₂などのガスを、また、薄膜堆積には、CH₄、C₂H₆などのガスをガス供給配管47より供給する。

【0037】以上、本発明の実施形態とその実施例より分るように、大気圧を遮断する誘電体窓45は連続させる必要がなく、各々の結合孔に対応させて分割することができるから、薄い誘電体を使用することができる。このことから、生産コストの点で有利となる。

【0038】また、本発明の実施に際しては、導波管の数と間隔、導波管の結合孔の数と間隔などについては必要に応じて任意に増減することができ、さらに、結合孔は円形の他に角形孔としても同様の効果を得ることができる。

【0039】

【発明の効果】上記した通り、本発明によれば、複数の導波管を配設し、各導波管にはマイクロ波エネルギーの放射を均一化させた複数の結合孔を設けた構成としたことから、プラズマ室内に発生するプラズマが大面積となり、また、プラズマ密度の一様性と密度とが高いプラズマの発生装置となる。

【0040】さらに、この発明のプラズマ発生装置は、各々の結合孔に対応させて分割した誘電体窓を設ければよいので、厚さの薄い誘電体板を使用することができ、この結果、マイクロ波を利用したプラズマ発生装置の実施が容易となり、また、生産コストの点でも有利となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態を示すプラズマ発生装置の機構図である。

【図2】図1上のA-A線に沿って切断した同プラズマ発生装置の機構図である。

【図3】上記プラズマ発生装置に備えた導波管と、その結合孔の配置と機能を説明するための説明図である。

【図4】上記した一実施形態を具体的に実施した一実施例を示すプラズマ発生装置の部分図である。

【図5】プラズマ発生装置の実験結果を示すプラズマ特性図である。

【図6】従来例として示したRF平行平板型のプラズマ発生装置を示す簡略図である。

【図7】従来例として示したRF誘導型のプラズマ発生装置を示す簡略図である。

【図8】マイクロ波を利用した従来のプラズマ発生装置を示す簡略図である。

【符号の説明】

40 プラズマ発生装置

41 プラズマ発生室

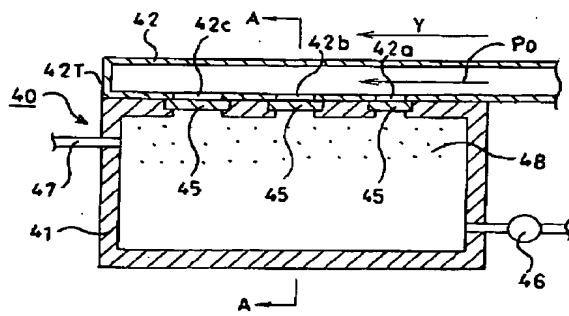
42、43、44 導波管

42a、42b、42c 結合孔

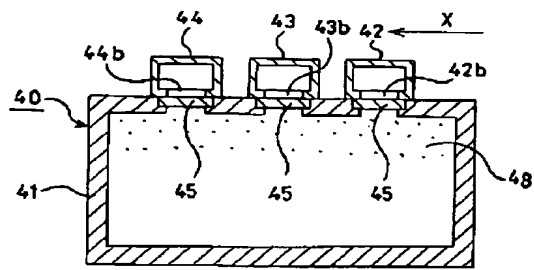
45 誘電体窓

48 プラズマ

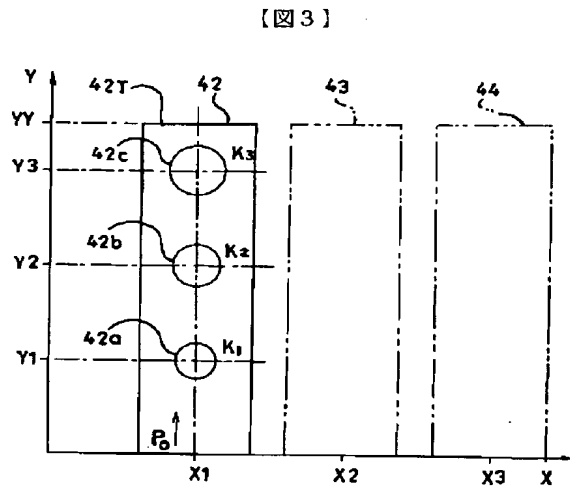
【図1】



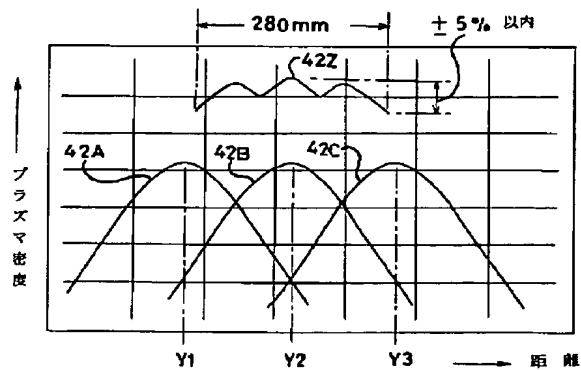
【図2】



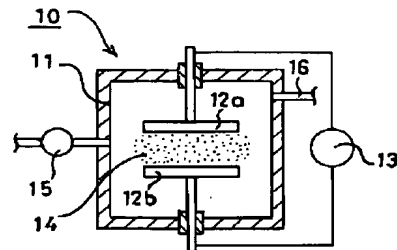
【図4】



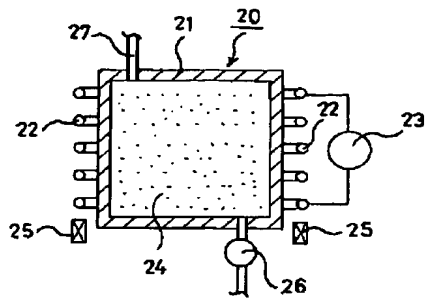
【図5】



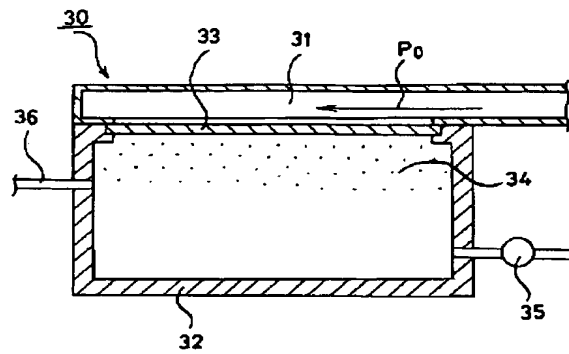
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

F ターム(参考) 4G075 AA24 AA30 BC01 BC06 BC10
 CA26 CA47 CA62 DA02 EB01
 EC07 FC15
 4K030 FA01 KA30
 5F004 AA01 BA20 DA00 DA04
 5F045 AA09 AB07 AC07 BB02 EH03
 EH11

BEST AVAILABLE COPY